

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-052236

(43)Date of publication of application : 26.02.1999

(51)Int.Cl.

G02B 15/16
G02B 13/18

(21)Application number : 09-221951

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 04.08.1997

(72)Inventor : YOSHIDA HIROKI
HAMANO HIROYUKI
NAKAYAMA HIROKI

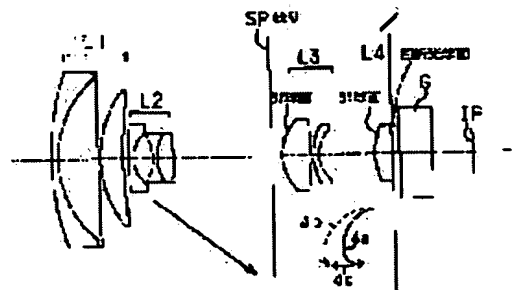
(54) REAR FOCUS TYPE ZOOM LENS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a rear focus type zoom lens having excellent optical performance over the whole variable power range from a wide-angle end to a telescopic end or over the whole objective distances from an object at infinity to an object at a super-close distance.

SOLUTION: This zoom lens is provided, in order from an object side, with four lens groups of a first group L1 of a positive refractive power, a second group L2 of a negative refractive power, a third group L3 of a positive refractive power and a fourth group L4 of a positive refractive power, power variation is performed by moving the second group L2 and the fourth group L4 and focusing is performed by moving the fourth group L4.

Here, the fourth group L4 has a diffraction optical element being rotary symmetric to an optical axis.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.06.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 09.09.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-52236

(43)公開日 平成11年(1999) 2月26日

(51)Int.Cl.⁸

G 0 2 B 15/16
13/18

識別記号

F I

G 0 2 B 15/16
13/18

審査請求 未請求 請求項の数15 F D (全 18 頁)

(21)出願番号 特願平9-221951

(22)出願日 平成9年(1997) 8月4日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 吉田 博樹

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72)発明者 浜野 博之

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72)発明者 中山 博喜

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

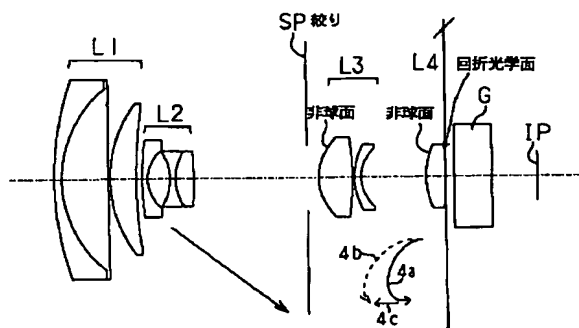
(74)代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54)【発明の名称】 リヤフォーカス式のズームレンズ

(57)【要約】

【課題】 広角端から望遠端に至る全変倍範囲にわたり、又無限遠物体から超至近物体に至る物体距離全般にわたり、良好なる光学性能を有したリヤフォーカス式のズームレンズを得ること。

【解決手段】 物体側より順に正の屈折力の第1群、負の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群、そして正の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、該第2群と第4群を移動させて変倍を行い、該第4群を移動させてフォーカスを行うリヤフォーカス式のズームレンズにおいて、該第4群は光軸に対して回転対称な回折光学素子を有していること。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体側より順に正の屈折力の第 1 群、負の屈折力の第 2 群、正の屈折力の第 3 群、そして正の屈折力の第 4 群の 4 つのレンズ群を有し、該第 2 群と第 4 群を移動させて変倍を行い、該第 4 群を移動させてフォーカスを行うリヤフォーカス式のズームレンズにおいて、該第 4 群は光軸に対して回転対称な回折光学素子を有していることを特徴とするリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項 2】 前記回折光学素子は正の屈折力を有していることを特徴とする請求項 1 のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項 3】 前記第 4 群は非球面を有していることを特徴とする請求項 1 又は 2 のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項 4】 前記第 4 群は 1 枚の正レンズより成っていることを特徴とする請求項 1、2 又は 3 のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項 5】 前記第 4 群は 1 枚の正レンズと 1 枚の負レンズより成っていることを特徴とする請求項 1、2 又は 3 のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項 6】 前記第 4 群の焦点距離を f_4 、前記回折光学素子は該第 4 群中のレンズの一面に形成されており、該レンズの焦点距離を $f_4 d$ 、該レンズから該回折光学素子を取り除いた後の該レンズの焦点距離を $f_4 d'$ とするとき

$$f_4 \{ (1/f_4 d) - (1/f_4 d') \} < 1.56 \times 10^4$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 2 から 5 のいずれか 1 項のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項 7】 物体側より順に正の屈折力の第 1 群、負の屈折力の第 2 群、正の屈折力の第 3 群、正の屈折力の第 4 群、そして負の屈折力の第 5 群の 5 つのレンズ群を有し、該第 2 群と第 4 群を移動させて変倍を行い、該第 4 群を光軸上移動させてフォーカスを行うリヤフォーカス式のズームレンズにおいて、該第 1 群は 1 枚ずつの正レンズと負レンズ、そして光軸に対して回転対称な回折光学素子を有していることを特徴とするリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項 8】 前記回折光学素子は正の屈折力を有していることを特徴とする請求項 7 のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項 9】 前記第 1 群の焦点距離を f_1 、該第 1 群中の負レンズの焦点距離を f_{1n} としたとき

$$1.9 < |f_{1n}/f_1| < 5$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 7 又は 8 のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項 10】 前記第 5 群の横倍率を β_5 とするとき

$$1.2 < \beta_5 < 2$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 7、8 又は

9 のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項 11】 前記第 1 群は非球面を有していることを特徴とする請求項 7、8、9 又は 10 のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項 12】 前記第 2 群は少なくとも 2 枚の負レンズと 1 枚の正レンズを有していることを特徴とする請求項 7 から 11 のいずれか 1 項のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項 13】 前記第 2 群は少なくとも 2 枚の負レンズを有していることを特徴とする請求項 7 から 11 のいずれか 1 項のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項 14】 前記第 2 群は回折光学素子を有していることを特徴とする請求項 7 から 13 のいずれか 1 項のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項 15】 前記回折光学素子は 1 層構成又は互いに分散の異なる材質より成る 2 層構成より成っていることを特徴とする請求項 1 から 14 のいずれか 1 項のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はリヤフォーカス式のズームレンズに関し、特にレンズ系の一部に回折光学素子を用いることによって諸収差、特に色収差を良好に補正した写真用カメラやビデオカメラ、そして放送用カメラ等に用いられる変倍比 10 以上、広角端の F ナンバー 1.6 ~ 1.8 程度の大口径比で高変倍比のレンズ系全体の小型化を図ったリヤフォーカス式のズームレンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】最近、ホームビデオカメラ等の小型軽量化に伴い、撮像用のズームレンズの小型化にも目覚ましい進歩が見られ、特にレンズ全長の短縮化や前玉径の小型化、構成の簡略化に力が注がれている。

【0003】これらの目的を達成する一つ的手段として、物体側の第 1 群以外のレンズ群を移動させてフォーカスを行う、所謂リヤフォーカス式のズームレンズが知られている。

【0004】一般にリヤフォーカス式のズームレンズは第 1 群を移動させてフォーカスを行うズームレンズに比べて第 1 群の有効径が小さくなり、レンズ系全体の小型化が容易になり、又近接撮影、特に極近接撮影が容易となり、更に比較的小型軽量のレンズ群を移動させて行っているため、レンズ群の駆動力が小さくてすみ迅速な焦点合わせができる等の特長がある。

【0005】このようなリヤフォーカス式のズームレンズとして、例えば特開昭 62-215225 号公報や、特開昭 62-206516 号公報、特開昭 62-24213 号公報、特開昭 63-247316 号公報、そして特開平 4-43311 号公報では、物体側より順に正の屈折力の第 1 群、負の屈折力の第 2 群、正の屈折力

の第3群、そして正の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、第2群を移動させて変倍を行い、第4群を移動させて変倍に伴う像面変動とフォーカスを行った4群タイプのリヤフォーカス式のズームレンズが提案されている。

【0006】又、4群タイプのリヤフォーカス式のズームレンズとして特開平4-43311号公報、特開平4-153615号公報、特開平5-19165号公報、特開平5-27167号公報及び特開平5-60973号公報では、第4レンズ群を正レンズ1枚又は正レンズ2枚で構成したレンズ全長の短いズームレンズが提案されている。特開平5-60974号公報では、第4レンズ群が正レンズと負レンズの2枚で構成されたズームレンズが提案されている。

【0007】又、特開平2-39011号公報や特開平6-18782号公報では4群タイプのリヤフォーカス式のズームレンズにおいて、第1群を正レンズと負レンズの2枚より構成した変倍比6~8のズームレンズが提案されている。

【0008】又特開平4-301612号公報では物体側より順に正の屈折力の第1群、負の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群、正の屈折力の第4群、そして負の屈折力の第5群の5つのレンズ群を有し、第2群を移動させて変倍を行い、第4群を移動させて変倍に伴う像面変動の補正とフォーカスを行い、レンズ系全体をテレフォトタイプに近づけてレンズ全長の短縮化を図った5群タイプのズームレンズが提案されている。

【0009】一方、多くのズームレンズにおいては、レンズ系中に非球面を設けることによって諸収差を良好に補正しつつ、レンズ系全体の小型化を図りつつ、高い光学性能を得ている。

【0010】又、諸収差のうち色収差については分散の異なる硝材を組み合わせて補正する方法の他にレンズ面又は光学系の一部に回折作用を有する回折光学素子を設けて補正した光学系が、例えば特開平4-213421号公報や特開平6-324262号公報、米国特許第5,268,790号等で提案されている。このうち、米国特許第5,268,790号では第2群と第3群に回折光学素子を用いたズームレンズを提案している。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】一般にズームレンズにおいてリヤフォーカス方式を採用するとレンズ系全体が小型化され又迅速なるフォーカスが可能となり、更に近接撮影が容易となる等の特長が得られる。

【0012】しかしながら反面、フォーカスの際の収差変動が大きくなり、無限遠物体から近距離物体に至る物体距離全般にわたり高い光学性能を得るのが大変難しくなってくるという問題点が生じてくる。

【0013】例えば、大口径比で高変倍のズームレンズでは変倍による色収差の変動が大きくなってきて全変倍

範囲にわたり、又物体距離全般にわたり高い光学性能を得るのが大変難しくなってくるという問題点が生じてくる。

【0014】特にズーム比が10倍以上の高変倍比の4群又は5群より成るズームレンズでは第1群や第4群内で発生する色収差を補正するため、張り合わせレンズを用いることが多い。そしてレンズ群に対し、非球面を用いることによりレンズ群のレンズ枚数を削減し、レンズ全長を短くする方法がとられている。

10 【0015】しかしながら、レンズ枚数を減らすと色収差の補正をする要素が不十分になってきて、変倍に伴う色収差の変動を良好に補正することが困難になってくる。

【0016】一般に正レンズに低分散ガラスを用いれば、色収差を軽減することもできる。しかしながら一般に低分散のガラスは屈折率が低く加工が難しいレンズ形状になりやすい。この為、第1群又は第4群の屈折力を弱くすると、これに応じて他のレンズ群の屈折力も弱くしなければならず、第1群又は第4群の径が大きくなり結果として第1群や第4群のレンズ肉厚を増す必要が生じてレンズ全長が長大化してくる。

【0017】本発明は、4群タイプ又は5群タイプのリヤフォーカス式のズームレンズにおいて、各レンズ群のレンズ構成を適切に設定することにより、広角端から望遠端に至る全変倍範囲にわたり、又無限遠物体から超至近物体に至る物体距離全般にわたり、良好なる光学性能を有した大口径比で高変倍比のリヤフォーカス式のズームレンズの提供を目的とする。

30 【0018】特に、4群タイプのリヤフォーカス式のズームレンズでは第4群に回折光学素子を導入し、回折光学的な作用を利用することで第4群で発生する色収差を低減しつつ第4群のレンズ枚数を削減し、レンズ全長の小型化を達成し、かつ第4群を軽量化すると共に、広角端から望遠端に至る全変倍範囲にわたり良好なる光学性能を有するリヤフォーカス式のズームレンズの提供を目的とする。

【0019】又、5群タイプのリヤフォーカス式のズームレンズでは第1群に回折光学素子を導入し、回折光学的な作用と屈折系の作用とを合成することにより第1群で発生する色収差を低減させ、レンズ枚数を少なくしてレンズ全長の短縮化を図りつつ、広角端から望遠端に至る全変倍範囲にわたり良好なる光学性能を有するリヤフォーカス式のズームレンズの提供を目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明のリヤフォーカス式のズームレンズは、

(1-1) 物体側より順に正の屈折力の第1群、負の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群、そして正の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、該第2群と第4群を移動させて変倍を行い、該第4群を移動させてフォーカスを

行うリヤフォーカス式のズームレンズにおいて、該第 4 群は光軸に対して回転対称な回折光学素子を有していることを特徴としている。

【0021】(1-2) 物体側より順に正の屈折力の第 1 群、負の屈折力の第 2 群、正の屈折力の第 3 群、正の屈折力の第 4 群、そして負の屈折力の第 5 群の 5 つのレンズ群を有し、該第 2 群と第 4 群を移動させて変倍を行い、該第 4 群を光軸上移動させてフォーカスを行うリヤフォーカス式のズームレンズにおいて、該第 1 群は 1 枚ずつの正レンズと負レンズ、そして光軸に対して回転対称な回折光学素子を有していることを特徴としている。

【0022】

【発明の実施の形態】図 1～図 5 は本発明のリヤフォーカス式のズームレンズの後述する数値実施例 1～5 のレンズ断面図、図 6～図 8 は数値実施例 1、図 9～図 11 は数値実施例 2、図 12～図 14 は数値実施例 3、図 15～図 17 は数値実施例 4、図 18～図 20 は数値実施例 5 の諸収差図である。

【0023】収差図において図 6、9、12、15、18 は広角端、図 7、10、13、16、19 は中間、図 8、11、14、17、20 は望遠端を示す。

【0024】まず、図 1、図 2 の数値実施例 1、2 のレンズ構成の特徴について説明する。図 1、図 2 において、L1 は正の屈折力の第 1 群、L2 は負の屈折力の第 2 群、L3 は正の屈折力の第 3 群、L4 は正の屈折力の第 4 群である。SP は開口絞りであり、第 3 群 L3 の前方に配置している。G は色分解光学系やフェースプレート、そしてフィルター等のガラスブロックである。IP は像面である。

【0025】本実施形態では広角端から望遠端への変倍に際して矢印のように第 2 群を像面側へ移動させると共に、変倍に伴う像面変動を第 4 群を物体側に凸状の軌跡を有しつつ移動させて補正している。

【0026】又、第 4 群を光軸上移動させてフォーカスを行うリヤフォーカス式を採用している。同図に示す第 4 群の実線の曲線 4a と点線の曲線 4b は各々無限遠物体と近距離物体にフォーカスしているときの広角端から望遠端への変倍に伴う際の像面変動を補正する為の移動軌跡を示している。尚、第 1 群と第 3 群は変倍及びフォーカスの際固定である。

【0027】尚、第 2 群の変倍分担を少なくする為に第 1 群を変倍の際に移動させても良い。

【0028】本実施形態においては第 4 群を移動させて変倍に伴う像面変動の補正を行うと共に第 4 群を移動させてフォーカスを行うようにしている。特に同図の曲線 4a、4b に示すように広角端から望遠端への変倍に際して物体側へ凸状の軌跡を有するように移動させている。これにより第 3 群と第 4 群との空間の有効利用を図*

* リンズ全長の短縮化を効果的に達成している。

【0029】本実施形態において、例えば望遠端において無限遠物体から近距離物体へフォーカスを行う場合は同図の直線 4c に示すように第 4 群を前方へ繰り出すことにより行っている。

【0030】本実施形態では第 4 群に少なくとも 1 つの回折光学素子を設け、その位相を適切に設定し、これにより第 4 群で発生する色収差を低減し、全変倍範囲にわたり色収差を良好に補正している。

【0031】本実施形態における回折光学素子は、ホログラフィック光学素子 (HOE) の製作手法であるリソグラフィック手法で 2 値的に製作している。回折光学素子はバイナリーオプティックス (BINARY OPTICS) で製作しても良い。この場合、更に回折効率を上げるためにキノフォームと呼ばれる鋸状の形状にしても良い。またこれらの方法で製作した方によって成型により製造しても良い。

【0032】また本実施形態における回折光学素子の形状は、基準波長 (d 線) を λ 、光軸からの距離を h 、位相を $\phi(h)$ としたとき

$$\phi(h) = 2\pi/\lambda (C_2 \cdot h^2 + C_4 \cdot h^4 + \dots + C_{2i} \cdot h^{2i})$$

の式で表されるものである。

【0033】次に数値実施例 1、2 のこの他の構成の特徴について説明する。

【0034】(1-1) 第 4 群に設ける回折光学素子が負の屈折力であると、それより発生する色収差は回折光学系から発生する色収差と同符号となり、回折光学素子による色消し効果が得られなくなる。

【0035】そこで本実施形態では回折光学素子が正の屈折力を持つようにして、色消しを効果的に行って全変倍範囲にわたり色収差を良好に補正している。

【0036】(1-2) 第 4 群に少なくとも 1 つの非球面を施して、特に最も物体側のレンズ面に施して球面収差、コマ収差、そして歪曲等の諸収差を良好に補正し、高い光学性能を得ている。このときの非球面形状としてはレンズ周辺部にいくに従い正の屈折力が弱まる形状とし、球面収差やコマ収差をバランス良く補正している。

【0037】(1-3) 第 4 群を 1 枚の正レンズ又は 1 枚の正レンズと 1 枚の負レンズより構成している。これにより像面湾曲を補正しつつレンズ全長の短縮化を図っている。これにより単レンズと比較し、像面湾曲、像面歪曲の補正を行う上で有利となっている。

【0038】(1-4) 前記第 4 群の焦点距離を f_4 、前記回折光学素子は該第 4 群中のレンズの一面に形成されており、該レンズの焦点距離を f_{4d} 、該レンズから該回折光学素子を取り除いた後の該レンズの焦点距離を $f_{4d'}$ とするとき

$$f_4 \{ (1/f_{4d}) - (1/f_{4d'}) \} < 1.56 \times 10^{-4}$$

..... (1)

なる条件を満足するようにしている。

【0039】これにより色消し効果を増大させている。条件式(1)の上限値を越えて回折光学素子の屈折力が強くなりすぎると色消し効果が大きくなりすぎて2次スペクトルによる光学性能の劣化が大きくなってくるので良くない。

【0040】(i-5) 図1では第4群中の最も像面側のレンズ面に回折光学素子を設けている。又、図2では第4群中の最も物体側のレンズ面に回折光学素子を設けてい

る。これにより第2群から発生する色収差を全変倍範囲にわたり補正し、高い光学性能を得ている。

【0041】(i-6) 図1では物体側より第3群を物体側*

$$\left| 0.5797 \cdot C_{2i} + \sum \{ 1 / (f_{4i} \cdot v_{4i}) \} \right| \cdot f_4$$

$$< 9.8 \times 10^{-3} \quad \dots (2)$$

なる条件を満足するのが望ましい。

【0044】条件式(2)では第4レンズ群に関して回折光学面と回折光学面での色消し効果が合成されて十分に色収差が補正するための条件である。

【0045】一般に屈折光学系のアッペ数(分散値)は20
 d , C , F 線の各波長における屈折力を N_d , N_C , N_F としたとき

$$v_d = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$$

で表される。

【0046】一方回折光学面での分散値 v_d は d 線、 C 線、 F 線の各波長を λ_d , λ_C , λ_F としたとき

$$v_d = \lambda_d / (\lambda_F - \lambda_C)$$

で表され、 $v_d = -3.45$ となる。

【0047】また回折光学面の主波長における近軸的な1次回折光の屈折力 ψ は回折光学面の位相を表す前式より2次項の係数を C_2 としたとき

$$0.3 < f_4 / f_3 < 1.3$$

なる条件を満たすことが望ましい。

【0053】条件式(3)の上限を越えて第3レンズ群の屈折力を強くしすぎるとバックフォーカスが短くなりすぎ、光学フィルター等を挿入する空間が足りなくなってしまう。

【0054】逆に条件式(3)の下限を越えて第3レンズ群の屈折力を弱くしすぎるとバックフォーカスが長くなりすぎコンパクト化する事ができなくなってしまう。

【0055】次に図3、図4、図5の数値実施例3、4、5のレンズ構成の特徴について説明する。

【0056】図3、図4、図5において図中、 L_1 は正の屈折力の第1群(第1レンズ群)、 L_2 は負の屈折力の第2群(第2レンズ群)、 L_3 は正の屈折力の第3群(第3レンズ群)、 L_4 は正の屈折力の第4群(第4レンズ群)、 L_5 は負の屈折力の第5群(第5レンズ群)である。 SP は開口絞りであり、第3群 L_3 の後方に配置している。 IP は像面である。

【0057】 G は色分解光学系やフェースプレート、そ

* から凸面の正レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズより構成して諸収差をバランス良く補正している。

【0042】(i-7) 図2では物体側より第3群を像面側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズと物体側が凸面の正レンズより構成し、これにより変倍範囲に伴う球面収差やコマ収差等を良好に補正している。

【0043】本発明において第4レンズ群で十分な色収差補正が行われるためには第4レンズ群のすべてのレンズの、焦点距離及びアッペ数をそれぞれ f_{4i} 、 v_{4i}
 $(i = 1, 2, \dots)$ 、第4レンズ群の回折光学面の2次項の係数を C_{2i} とするとき

$$\psi = -2 \cdot C_2$$

と表される。

【0048】ある群で発生する色収差は ψ/v に比例するのでこれに相当する量は回折光学面では

$$-2 \cdot C_2 / (-3.45) = 0.5797 \cdot C_2$$

となる。

【0049】また屈折光学系ではこの量は

$$\sum 1 / (f \cdot v)$$

となる。

【0050】従ってこの和が0に近いほどその群の色収差補正が十分に行われていることが判る。

【0051】条件式(2)の範囲内を越えてしまうと第1レンズ群で発生する色収差の補正が不十分になってしまうので良くない。

【0052】第3レンズ群の焦点距離と第4レンズ群の焦点距離は

$$\dots (3)$$

してフィルター等のガラスブロックである。広角端から望遠端への変倍に際して矢印のように第2群 L_2 を像面側へ移動させると共に、変倍に伴う像面変動を第4群を物体側に凸状の軌跡を有するように移動させて補正している。又、第4群を光軸上移動させてフォーカスを行うリヤフォーカス式を採用している。

【0058】図3～図5に示す第4群の実線の曲線 $4a$ と点線の曲線 $4b$ は各々無限遠物体と近距離物体にフォーカスしているときの広角端から望遠端への変倍に伴う際の像面変動を補正する為の移動軌跡を示している。第1群、第3群、第5群は変倍及びフォーカスの際、固定である。

【0059】本実施形態においては第4群を移動させて変倍に伴う像面変動の補正を行うと共に第4群を移動させてフォーカスを行うようにしている。特に同図の曲線 $4a$ 、 $4b$ に示すように広角端から望遠端への変倍に際して物体側へ凸状の軌跡を有するように移動させている。これにより第3群と第4群との空気の有効利用を図

り、レンズ全長の短縮化を効果的に達成している。

【0060】本実施形態において、例えば望遠端において無限遠物体から近距離物体へフォーカスを行う場合は同図の直線 4 c に示すように第 4 群を前方へ繰り出すことにより行っている。

【0061】本実施形態における 5 群ズームレンズにおいて第 1 群を正レンズのみで構成し、第 1 群に回折光学素子を設けると、例えば d 線と g 線といった 2 波長のみの色収差を考えたときは色収差を抑えることができる。しかしながら回折光学素子は異常分散性を有しているため、特に望遠端ではそれ以外の波長に対する色収差いわゆる 2 次スペクトルが大きくなってしまい、可視波長域内で色収差を良好に補正することが難しい。

【0062】又、第 1 群に回折光学素子を用いないで屈折面のみで色収差を補正しようとすると、色消しのために正レンズと負レンズの屈折力が強くなってくる。

【0063】そこで本実施形態では第 1 群を 1 枚ずつの両レンズ面が凸面の正レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ、そして光軸に対し回転対称な回折光学素子を有するように構成している。そして回折光学素子の位相を適切に設定してレンズ全長の短縮化を図りつつ、第 1 群で発生する色収差を良好に補正している。

【0064】次に数値実施例 3、4、5 のこの他の構成の特徴について説明する。

【0065】(a-1) 第 1 群に設ける回折光学素子が負の屈折力であると、それより発生する色収差は屈折光学系から発生する色収差と同程度となってきて回折光学素子による色消し効果が不十分となってくる。

【0066】そこで本実施形態では回折光学素子が正の屈折力を持つようにして、色消しを効果的に行い、全変倍範囲にわたり色収差を良好に補正している。

【0067】(a-2) 前記第 1 群の焦点距離を f_1 、該第 1 群中の負レンズの焦点距離を f_{1n} としたとき

$$1.9 < |f_{1n}/f_1| < 5 \quad \cdots \cdots (2)$$

なる条件を満足するようにしている。

【0068】条件式 (2) の下限値を越えて第 1 群中の負レンズの屈折力が強くなりすぎると正レンズの屈折力も強くなり、そのレンズ面の曲率も大きくなって第 1 群を 2 枚構成にするのが困難になる。

【0069】逆に負レンズの屈折力が弱くなりすぎると回折光学素子で色消し効果を大きくしすぎて、2 次スペクトルによる光学性能の劣化が大きくなるので良くない。

【0070】(a-3) 前記第 5 群の横倍率を β_5 とするとき

$$1.2 < \beta_5 < 2 \quad \cdots \cdots (3)$$

なる条件を満足するようにしている。

【0071】条件式 (3) を満足することにより光学性能を維持しつつレンズ全長短縮を達成している。

【0072】条件式 (3) の下限値を越えて第 5 群の倍率が小さくなると十分なレンズ全長短縮効果が得られない。逆に上限値を越えて倍率が大きくなるとレンズ全長の短縮には有利だがペッツバル和が負の方向に増大し、像面湾曲の補正が困難になると共に像面から射出瞳までの距離が短くなりすぎて、例えばビデオカメラ等に用いるのは困難になってしまう。

【0073】(a-4) 第 1 群に非球面を有するようにしている。これにより変倍全域で球面収差やコマ収差、歪曲等の諸収差の補正を十分に行っている。

【0074】特に本実施形態では第 1 群の最も物体側のレンズ面に非球面を設けることにより、特に望遠端で発生する球面収差やコマ収差を良好に補正している。第 1 群に設ける非球面は周辺に行くに従って正の屈折力が弱まる形状が球面収差やコマ収差の補正には効果的である。

【0075】(a-5) 第 2 群を少なくとも 2 枚の負レンズと 1 枚の正レンズで構成して、第 2 群で発生する色収差や他の諸収差を良好に補正している。特に第 2 群は物体側から順に像面側に強い凹面を向けたメニスカス状の負レンズ、両レンズ面が凹面の負レンズ、物体側に強い凸面を向けた正レンズで構成するのが良い。

【0076】(a-6) 第 2 群を 2 枚の負レンズで構成し、そのうち少なくとも 1 面に回折光学素子を有するようにしている。これにより少ない枚数で第 2 群内の色収差を良好に補正し、変倍全域に渡って色収差の発生を低減している。

【0077】このとき第 2 群の回折光学素子は負の屈折力を持つのが第 2 群内で色収差補正を行う点で効果的である。

【0078】(a-7) 第 1 群と第 2 群に各々少なくとも 1 つの回折光学素子を設けている。第 2 群のみに回折光学素子を設ける場合、2 波長に限っては色収差を良好に補正することができるが、2 次スペクトルの補正が困難になる。

【0079】それに対して前述のように第 1 群を正、負レンズの 2 枚構成として回折光学素子を設けることにより第 2 群で発生する色の 2 次スペクトルの影響をキャンセルして変倍全域及び全可視波長範囲で良好に色収差を補正している。

【0080】本実施形態では第 2 群を 2 枚といった少ないレンズ枚数で構成することができるため、更にレンズ全長を短縮することができる。

【0081】特に本実施形態において第 2 群で発生する歪曲や非点収差を補正し、変倍に伴うこれらの収差の変動を抑制するためには第 2 群を物体側から順に像面側に強い凹面を向けたメニスカス状の負レンズと物体側に強い凹面を向けたメニスカス状の負レンズで構成するのが良い。

【0082】(a-8) 第 2 群中に独立した 2 つの負レンズ

11

を有するときは、像面側の負レンズの物体側のレンズ面、及び像面側のレンズ面の曲率半径（非球面の場合は*

$$1 < (R_b + R_a) / (R_b - R_a) < 2.5 \quad \dots\dots (4)$$

なる条件を満足するのが良い。

【0083】条件式（4）の下限値を越えると広角端で発生する歪曲収差が負に大きくなりすぎ、逆に上限値を越えると望遠端での歪曲収差が補正しきれなくなるので良くない。

【0084】(n-9) 第2群中に回折光学素子とは別に少なくとも1面の非球面を設けるか、回折光学素子のベ

$$|0.5797 \cdot C_{21} + \sum \{1 / (f_{1i} \cdot v_{1i})\}| \cdot f_1 < 4.5 \times 10^{-3} \quad \dots\dots (5)$$

なる条件を満足するのが望ましい。

【0086】これにより第1群で十分な色収差の補正を行っている。条件式（5）は第1群に関して屈折光学面と回折光学素子での色消し効果が合成されて十分に色収差が補正する為の条件である。

【0087】一般に屈折光学系のアッペ数（分散値）はd, C, F線の各波長における屈折力をNd, NC, NFとしたとき

$$v_d = (Nd - 1) / (NF - NC)$$

で表される。

【0088】一方、回折光学素子での分散値vdはd線, C線, F線の各波長をλd, λC, λFとしたとき

$$v_d = \lambda_d / (\lambda_F - \lambda_C)$$

で表され、vd=-3.45となる。

【0089】また回折光学素子の主波長における近軸的な一次回折光の屈折力ψは回折光学素子の位相を表す2次項の係数をC2としたとき

$$\psi = -2 \cdot C_2$$

と表される。

【0090】あるレンズ群で発生する色収差はψ/vに比例するのでこれに相当する量は回折光学素子では-2・C2/(-3.45)=0.5797・C2となる。

【0091】また屈折光学系ではこの量は

$$\sum 1 / (f \cdot v)$$

となる。

【0092】従ってこの和が0に近いほどそのレンズ群の色収差の補正が十分に行われていることが判る。

【0093】条件式（5）の範囲内を越えてしまうと第1群で発生する色収差の補正が不十分になってしまうので良くない。

【0094】(n-11) 第2群, 全系の広角端と、望遠端の焦点距離を各々f2, fW, fTとすると

【0095】

【数1】

$$0.2 < |f_2 / \sqrt{f_W \cdot f_T}| < 0.3 \quad \dots\dots (6)$$

なる条件式を満足するのが良い。

12

* 軸上と有効径で決定される参照球面)をそれぞれRa, Rbとすると

※ スのレンズ面を非球面にするのが良く、これによれば光学性能を更に改善することができる。

【0085】(n-10) 第1群の2枚のレンズの焦点距離とアッペ数をそれぞれf1i, v1i (i=1, 2)、第1群の回折光学素子の2次項の係数をC21とすると

$$|0.5797 \cdot C_{21} + \sum \{1 / (f_{1i} \cdot v_{1i})\}| \cdot f_1 < 4.5 \times 10^{-3} \quad \dots\dots (5)$$

【0096】条件式（6）は第2群の屈折力に関するものであり、変倍に伴う収差変動を少なくしつつ所定の変倍比を効果的に得るためのものである。下限値を越えて第2群の屈折力が強くなりすぎると小型化には有利になるが、ペッツバル和が負の方向に増大し、像面湾曲が大きくなると共に変倍に伴う収差変動が大きくなりすぎるので良くない。逆に下限値を越えると第2群の移動量が大きくなりすぎてレンズ全長が長くなってしま

【0097】本実施形態で用いている回折光学素子の構成としては図21に示す1層のキノフォーム形状の1層構成のものや、図24に示すような格子厚の異なる（又は同一の）2つの層を積層した2層構成のもの等が適用可能である。

【0098】図22は図21に示す回折光学素子101の1次回折光の回折効率の波長依存特性である。実際の回折光学素子101の構成は、基材102の表面に紫外線硬化樹脂を塗布し、樹脂部に波長530nmで1次回折光の回折効率100%となるような格子厚dの層103を形成している。

【0099】図22で明らかなように設計次数の回折効率は最適化した波長530nmから離れるに従って低下し、一方設計次数近傍の次数の0次回折光と2次回折光の回折効率が增大している。その設計次数以外の回折光の増加はフレアとなり、光学系の解像度の低下につながる。

【0100】図23(A), (B)に図21の格子形状で数値実施例1, 3を作成した場合の空間周波数に対するMTF特性を示す。(A)は広角端軸上、(B)は望遠端軸上を示しており、その図で低周波数領域のMTFがやや低下している。

【0101】図24に示す2つの層104, 105を積層した積層型の回折光学素子の1次回折光の回折効率の波長依存特性を図25に示す。

【0102】図24では基材102上に紫外線硬化樹脂(nd=1.499, vd=54)からなる第1層104を形成し、その上に別の紫外線硬化樹脂(nd=1.598, vd=28)からなる第2層105を形成している。この材質の組み合わせでは、第1層104の格子

厚 d_1 は $d_1 = 13.8 \mu\text{m}$ 、第 2 の層 105 の格子厚 d_2 は $d_2 = 10.5 \mu\text{m}$ としている。

【0103】図 25 から分かるように積層構造の回折光学素子にすることで、設計次数の回折効率、使用波長全域で 95% 以上の高い回折効率を有している。

【0104】図 26 (A), (B) に図 24 の格子形状で数値実施例 1, 3 を作成した場合の空間周波数に対する MTF 特性を示す。積層構造の回折光学素子を用いると、低周波数の MTF は改善され、所望の MTF 特性が得られる。このように、本発明に係る回折光学素子として積層構造を用いれば、光学性能を更に改善することができる。

【0105】なお、前述の積層構造の回折光学素子として、材質を紫外線硬化樹脂に限定するものではなく、他のプラスチック材等も使用できるし、基材によっては第 1 の層 104 を直接基材に形成しても良い。また各格子厚が必ずしも異なる必要はなく、材料の組み合わせによ*

$$X = \frac{(1/R) H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(Y/R)^2}} + BH^4 + CH^6 + DH^8 + EH^{10} + FH^{12}$$

なる式で表している。又「D-OX」は「 10^{-x} 」を意味している。 ※【0110】
※ 【外 1】

数値実施例 1

f=4.0

fno=1.85~2.55

 $2\omega=61.9^\circ \sim 7.08^\circ$

r1=	30.653	d1=	0.70	n1=	1.84668	v1=	23.8
r2=	11.925	d2=	4.10	n2=	1.72000	v2=	50.3
r3=	606.409	d3=	0.17	n3=	1.78590	v3=	44.2
r4=	18.325	d4=	2.25	n4=	1.88300	v4=	40.8
r5=	27.005	d5=	可変	n5=	1.66672	v5=	48.8
r6=	29.830	d6=	0.50	n6=	1.84668	v6=	23.8
r7=	3.829	d7=	1.98	n7=	1.58819	v7=	59.4
r8=	-5.852	d8=	0.50	n8=	1.84668	v8=	23.8
r9=	5.951	d9=	1.55	n9=	1.48749	v9=	70.2
r10=	-51.160	d10=	可変	n10=	1.51633	v10=	64.2
r11=	(絞り)	d11=	1.00				
r12=	4.789	d12=	3.00				
r13=	-24.852	d13=	0.20				
r14=	7.124	d14=	0.55				
r15=	4.107	d15=	可変				
r16=	7.078	d16=	1.80				
r17=	-34.049	d17=	0.75				
r18=	∞	d18=	3.25				
r19=	∞						

非球面係数

k	B	C	D
r12 -1.35778D+00	3.25400D-04	-1.04863D-07	-1.05177D-07
r16 -1.61439D+00	9.50952D-05	-3.90335D-05	2.22719D-06

回折光学面:r17

C24
-2.91225D-03
C44
-9.61957D-05

格点間隔 可変間隔	4.00	12.20	38.78
d5	0.54	6.19	9.80
d11	10.06	2.41	0.80
d16	5.68	3.16	7.11

【0111】

【外 2】

* っは図に示すように 2 つの層 104 と 105 の格子厚を等しくしても良い。

【0106】この場合は、回折光学素子の表面に格子形状が形成されないで、防塵性に優れ、回折光学素子の組立作業性を向上させることができる。

【0107】次に本発明の数値実施例を示す。数値実施例において r_i は物体側より順に第 i 番目のレンズ面の曲率半径、 d_i は物体側より順に第 i 番目のレンズ厚及び空気間隔、 n_i と v_i は各々物体側より順に第 i 番目のレンズのガラスの屈折率とアッベ数である。又、前述の各条件式と数値実施例の関係を表-1 に示す。

【0108】非球面形状は光軸方向に X 軸、光軸と垂直方向に Y 軸、光の進行方向を正とし R を近軸曲率半径、K, B, C, D, E, F を各々非球面係数としたとき、

【0109】

【数 2】

15
数值实施例 2

16

f=4.25~50.14

fno=1.65~2.35

 $2\omega=58.9^\circ \sim 5.48^\circ$

r 1= 30.264	d 1= 1.00	n 1=1.85504	v 1= 23.8
r 2= 17.859	d 2= 4.70	n 2=1.60548	v 2= 60.6
r 3= 242.818	d 3= 0.17		
r 4= 20.908	d 4= 2.70	n 3=1.69979	v 3= 55.5
r 5= 75.589	d 5=可変		
r 6= 37.611	d 6= 0.65	n 4=1.88815	v 4= 40.8
r 7= 5.444	d 7= 2.32		
r 8= -16.985	d 8= 0.60	n 5=1.88815	v 5= 40.8
r 9= 34.204	d 9= 0.45		
r10= 10.819	d10= 2.45	n 6=1.85504	v 6= 23.8
r11= -15.058	d11= 0.22		
r12= -10.786	d12= 0.60	n 7=1.77621	v 7= 49.6
r13= 29.571	d13=可変		
r14= (絞)	d14= 2.80		
r15= -8.983	d15= 0.90	n 8=1.60548	v 8= 60.7
r16= -19.792	d16= 0.20		
r17= 44.670	d17= 2.90	n 9=1.58547	v 9= 59.4
r18= -12.686	d18=可変		
r19= 12.589	d19= 0.80	n10=1.85504	v10= 23.8
r20= 7.408	d20= 4.70	n11=1.59143	v11= 61.2
r21= -25.218	d21= 1.50		
r22= ∞	d22= 17.64	n12=1.51825	v12= 64.1
r23= ∞			

非球面係数

k	B	C	D
r18 1.50831D+00	1.57643D-04	1.32509D-06	2.89054D-08
r19 -8.76559D-01	4.01143D-05	5.66013D-07	3.00000D-09

回折光学面:r21

C24

-3.78392D-04

焦点距離 可変間隔	4.25	13.67	50.14
d 6	0.68	10.30	16.71
d 14	17.23	7.61	1.20
d 19	8.93	5.86	8.93

C44

1.79373D-05

【0 1 1 2】

【外 3】

17

数值实施例 3

f=4.1~39.93

r 1= 14.374
 r 2= 9.802
 r 3= -577.808
 r 4= 14.959
 r 5= 8.764
 r 6= -4.896
 r 7= 4.881
 r 8= -22.491
 r 9= 7.394
 r 10= -270.406
 r 11= (被0)
 r 12= 8.089
 r 13= 4.912
 r 14= -14.921
 r 15= -22.774
 r 16= 18.220
 r 17= ∞
 r 18= ∞

fno=1.85~2.88

d 1= 0.70
 d 2= 3.50
 d 3= 可变
 d 4= 0.50
 d 5= 2.19
 d 6= 0.50
 d 7= 1.60
 d 8= 可变
 d 9= 2.04
 d 10= 0.70
 d 11= 可变
 d 12= 0.50
 d 13= 2.55
 d 14= 可变
 d 15= 0.70
 d 16= 0.75
 d 17= 3.50

2ω=60.6° ~7.0°

n 1=1.84666
 n 2=1.77250
 n 3=1.88300
 n 4=1.73520
 n 5=1.84666
 n 6=1.58913
 n 7=1.92286
 n 8=1.66910
 n 9=1.58913
 n 10=1.51633
 v 1= 23.8
 v 2= 49.6
 v 3= 40.8
 v 4= 41.1
 v 5= 23.8
 v 6= 61.2
 v 7= 18.9
 v 8= 55.4
 v 9= 61.2
 v 10= 64.2

非球面系数

	R	k	B	C
r1	1.437 D+01	-1.931 D-01	-1.027 D-05	-7.405 D-08
r10	-2.704 D+02	-5.029 D+04	4.198 D-04	1.769 D-05
r14	-1.492 D+01	-7.954 D+01	-1.633 D-03	1.916 D-04
r15	-2.277 D+01	-5.352 D+02	2.537 D-03	-5.526 D-05
r16	1.822 D+01	2.121 D+01	6.085 D-03	-5.112 D-04

	D	E
r1	9.386 D-11	0
r10	-1.105 D-06	2.832 D-08
r14	-9.034 D-06	1.122 D-07
r15	0	0
r16	3.689 D-05	0

焦点距離 可變間隔	4.10	13.55	39.43
d 3	0.30	6.72	10.49
d 8	10.60	4.17	0.40
d 11	3.85	2.09	3.60
d 14	0.80	2.56	1.05

回折面:r3 c2 -8.192 D-04

c4 2.780 D-08

【0 1 1 3】

【外 4】

19
数值实施例 4

$f=4.2 \sim 40.45$

r 1= 13.826
r 2= 11.065
r 3= -452.289
r 4= 14.494
r 5= 4.259
r 6= -5.278
r 7= -16.464
r 8= 7.992
r 9= -21.479
r10= (板)
r11= 6.763
r12= 4.584
r13= -10.112
r14= -17.242
r15= 36.396
r16= ∞
r17= ∞

$f_{D0}=1.85 \sim 2.99$

d 1= 0.70
d 2= 5.00
d 3= 可变
d 4= 0.60
d 5= 2.45
d 6= 0.60
d 7= 可变
d 8= 1.90
d 9= 0.70
d10= 可变
d11= 0.50
d12= 2.59
d13= 可变
d14= 0.70
d15= 0.75
d16= 3.50

$2\omega=59.4^\circ \sim 6.8^\circ$

n 1=1.84666 v 1= 23.8
n 2=1.69680 v 2= 55.5
n 3=1.83481 v 3= 42.7
n 4=1.70154 v 4= 41.2
n 5=1.48749 v 5= 70.2
n 6=1.92286 v 6= 18.9
n 7=1.58913 v 7= 61.2
n 8=1.66910 v 8= 55.4
n 9=1.51693 v 9= 64.2

非球面係数 R

	R	k	B	C
r1	1.382 D+01	-2.420 D-01	-5.543 D-06	-1.131 D-08
r5	4.258 D+00	-1.365 D+00	2.154 D-03	5.464 D-05
r8	7.992 D+00	4.818 D-02	-6.609 D-04	2.470 D-06
r13	-1.011 D+01	-1.891 D+01	-7.086 D-04	3.815 D-05
r14	-1.724 D+01	-1.588 D+02	3.217 D-03	-2.359 D-04
r15	3.639 D+01	1.259 D+02	6.517 D-03	-8.629 D-04

r1 0 D 0 E

r5 1.249 D-06 0

r8 -5.911 D-07 1.261 D-08

r13 1.338 D-06 -2.642 D-07

r14 2.097 D-05 0

回折面:r3 c2 -1.422 D-03 c4 7.878 D-06

r15 6.746 D-05 0

回折面:r6 c2 1.133 D-02 c4 -2.092 D-04

焦点距離 可變距離	4.20	14.11	40.45
d 3	0.50	6.64	10.25
d 7	10.15	4.01	0.40
d 10	3.77	2.25	4.27
d 13	1.29	2.81	0.80

21
数值实施例 5

$f=4.2 \sim 40.5$

r 1= 13.754
r 2= 11.371
r 3= -211.575
r 4= 20.358
r 5= 4.214
r 6= -5.679
r 7= -21.595
r 8= 6.726
r 9= -31.999
r 10= (82)
r 11= 6.867
r 12= 4.561
r 13= -10.057
r 14= -22.875
r 15= 23.777
r 16= ∞
r 17= ∞

$f_{no}=1.85 \sim 2.49$

d 1= 0.70
d 2= 5.00
d 3= 可变
d 4= 0.60
d 5= 2.45
d 6= 0.60
d 7= 可变
d 8= 1.90
d 9= 0.70
d 10= 可变
d 11= 0.50
d 12= 2.53
d 13= 可变
d 14= 0.70
d 15= 0.75
d 16= 8.50

$2\omega=59.4^\circ \sim 6.8^\circ$

n 1= 1.92286 v 1= 18.9
n 2= 1.69680 v 2= 55.5
n 3= 1.77250 v 3= 49.6
n 4= 1.69680 v 4= 55.5
n 5= 1.48749 v 5= 70.2
n 6= 1.92286 v 6= 18.9
n 7= 1.58913 v 7= 61.2
n 8= 1.67790 v 8= 55.3
n 9= 1.51633 v 9= 84.2

非球面係数

	R	k	B	C
r3	4.214 D+00	-1.793 D+00	2.744 D-03	4.827 D-05
r5	6.725 D+00	-2.860 D-01	-6.279 D-04	9.860 D-06
r13	-1.005 D+01	-2.104 D+01	-8.820 D-04	7.450 D-05
r14	-2.287 D+01	-1.499 D+02	1.357 D-03	-3.704 D-04
r15	2.37774D+01	-1.078 D+02	4.624 D-03	-9.464 D-04

	D	E
r3	3.710 D-06	0
r5	-5.934 D-07	-2.989 D-09
r13	3.597 D-06	-7.076 D-07
r14	1.535 D-05	0
r15	6.870 D-05	0

焦点距離 可變距離	4.20	14.05	40.50
d 3	0.50	6.54	10.09
d 7	9.99	3.95	0.40
d 10	3.96	2.31	4.26
d 13	1.23	2.88	0.92

回折面:r3 c_2^2 -1.245 D-03 c_4^4 4.892 D-06

回折面:r6 c_2^2 9.554 D-03 c_4^4 -2.280 D-04

【0115】

【表1】

表 23
- 1

24

条 件 式	数 値 実 施 例	
	1	2
(1) $f4\{(1/f4d)-(1/f4d')\}$	3.1×10^{-3}	9.87×10^{-3}
(2) $ 0.5797 \cdot C_{24} + \Sigma \{1/(f4i \cdot \nu 4i)\} \cdot f4$	5.69×10^{-3}	7.36×10^{-3}
(3) $f4/f3$	1.02	0.52
(4) $ f1n/f1 $	----	----
(5) $\beta 5$	----	----
(6) $(Rb+Ra)/(Rb-Ra)$	----	----
(7) $ 0.5797 \cdot C_{21} + \Sigma \{1/(f1i \cdot \nu 1i)\} \cdot f1$	----	----
(8) $ f2/\sqrt{fW \cdot fT} $	----	----

条 件 式	数 値 実 施 例		
	3	4	5
(1) $f4\{(1/f4d)-(1/f4d')\}$	----	----	----
(2) $ 0.5797 \cdot C_{24} + \Sigma \{1/(f4i \cdot \nu 4i)\} \cdot f4$	----	----	----
(3) $f4/f3$	----	----	----
(4) $ f1n/f1 $	2.118	3.826	4.348
(5) $\beta 5$	1.428	1.336	1.331
(6) $(Rb+Ra)/(Rb-Ra)$	----	1.944	1.713
(7) $ 0.5797 \cdot C_{21} + \Sigma \{1/(f1i \cdot \nu 1i)\} \cdot f1$	1.688×10^{-3}	3.777×10^{-3}	3.274×10^{-3}
(8) $ f2/\sqrt{fW \cdot fT} $	0.285	0.276	0.268

【0116】

【発明の効果】本発明によれば以上のように、4群タイプ又は5群タイプのリヤフォーカス式のズームレンズにおいて、各レンズ群のレンズ構成を適切に設定することにより、広角端から望遠端に至る全変倍範囲にわたり、又無限遠物体から超至近物体に至る物体距離全般にわたり、良好なる光学性能を有した大口径比で高変倍比のリヤフォーカス式のズームレンズを達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の数値実施例1のレンズ断面図

【図2】本発明の数値実施例2のレンズ断面図

【図3】本発明の数値実施例3のレンズ断面図

【図4】本発明の数値実施例4のレンズ断面図

【図5】本発明の数値実施例5のレンズ断面図

【図6】本発明の数値実施例1の広角端の収差図

【図7】本発明の数値実施例1の中間の収差図

【図8】本発明の数値実施例1の望遠端の収差図

【図9】本発明の数値実施例2の広角端の収差図

【図10】本発明の数値実施例2の中間の収差図

【図11】本発明の数値実施例2の望遠端の収差図

【図12】本発明の数値実施例3の広角端の収差図

【図13】本発明の数値実施例3の中間の収差図

【図14】本発明の数値実施例3の望遠端の収差図

【図15】本発明の数値実施例4の広角端の収差図

【図16】本発明の数値実施例4の中間の収差図

【図17】本発明の数値実施例4の望遠端の収差図

【図18】本発明の数値実施例5の広角端の収差図

【図19】本発明の数値実施例5の中間の収差図

【図20】本発明の数値実施例5の望遠端の収差図

【図21】本発明に係る回折光学素子の説明図

【図22】本発明に係る回折光学素子の波長依存特性の説明図

【図23】本発明に係る回折光学素子のMTF特性図

【図24】本発明に係る回折光学素子の説明図

【図25】本発明に係る回折光学素子の波長依存特性の説明図

【図26】本発明に係る回折光学素子のMTF特性図

【図27】本発明に係る回折光学素子の説明図

【符号の説明】

L1 第1群

L2 第2群

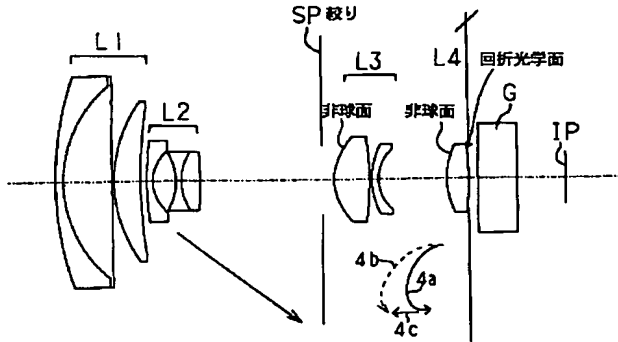
L3 第3群

50 L4 第4群

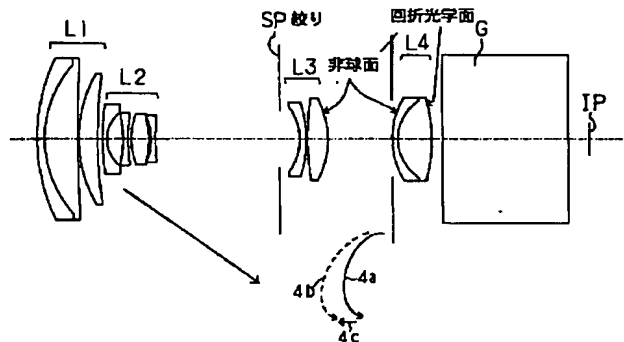
L 5 第5群
 SP 絞り
 IP 像面
 ΔM メリディオナル像面
 ΔS サジタル像面

* d d線
 g g線
 101 回折光学素子
 102 基盤
 * 103, 104, 105 層

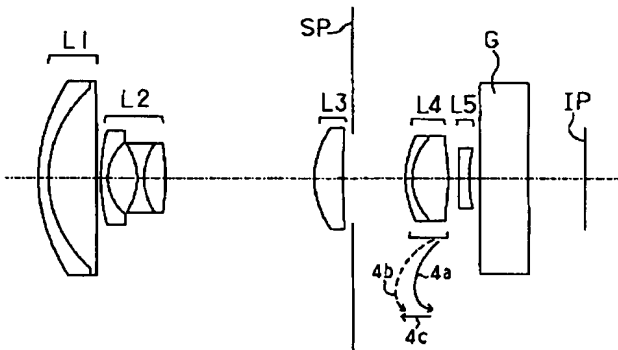
【図1】



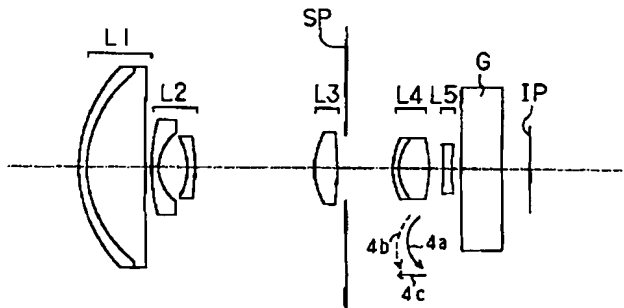
【図2】



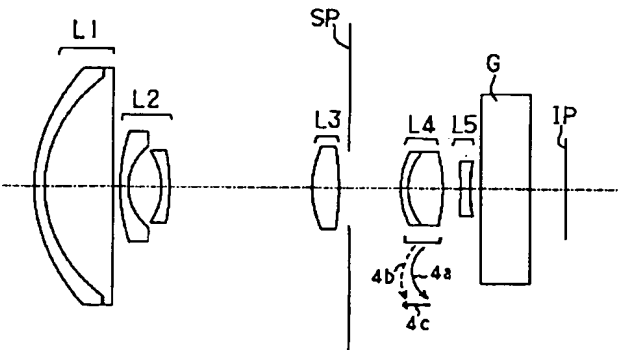
【図3】



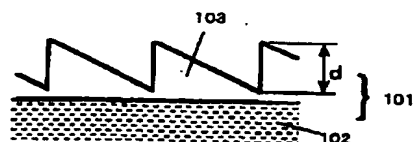
【図5】



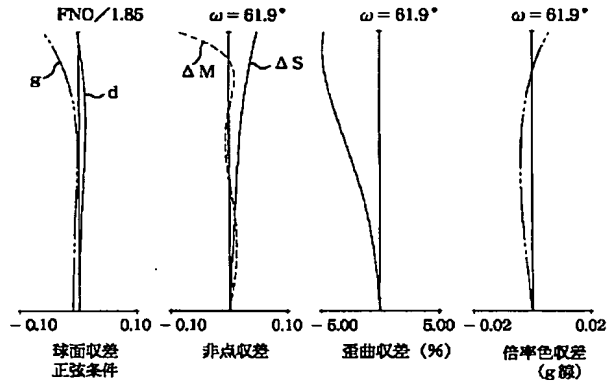
【図4】



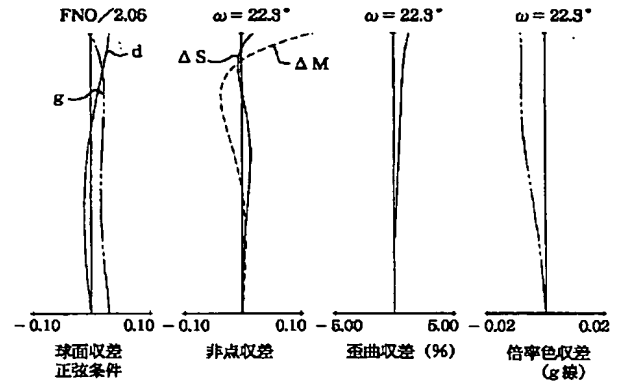
【図21】



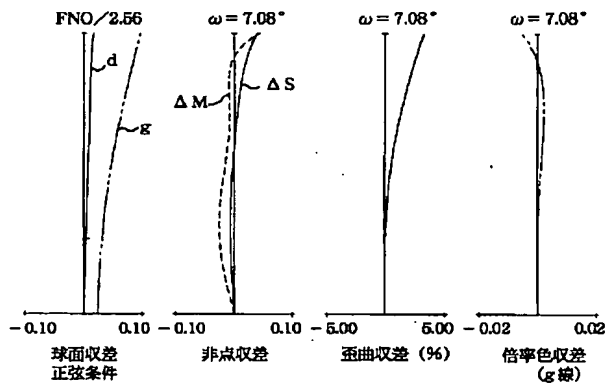
【図 6】



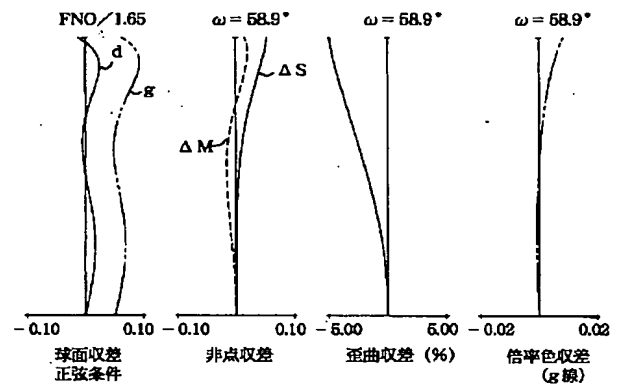
【図 7】



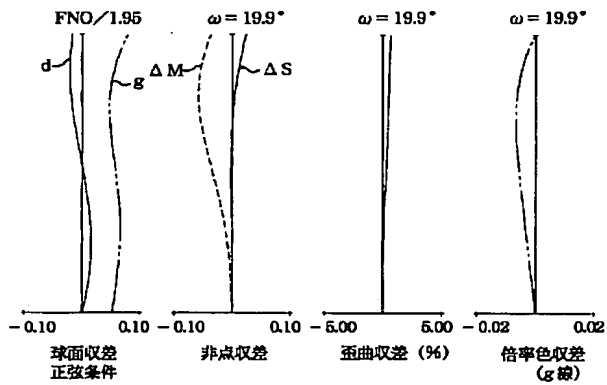
【図 8】



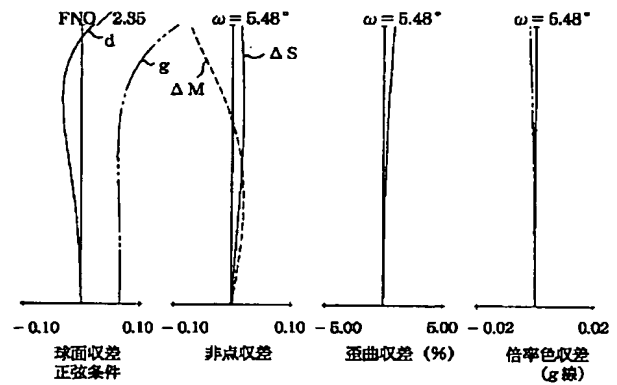
【図 9】



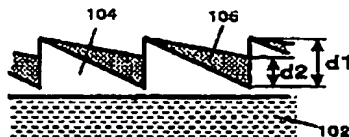
【図 10】



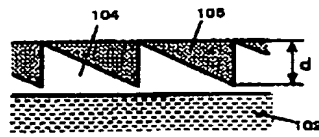
【図 11】



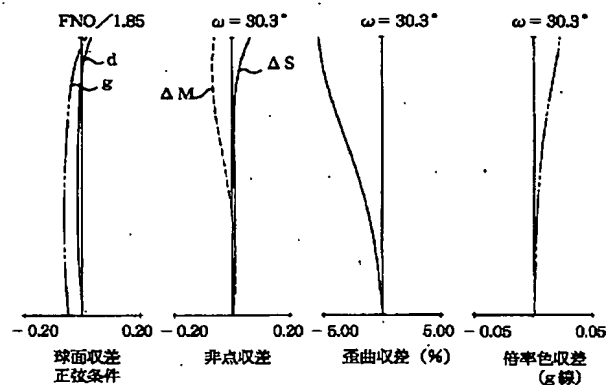
【図 2 4】



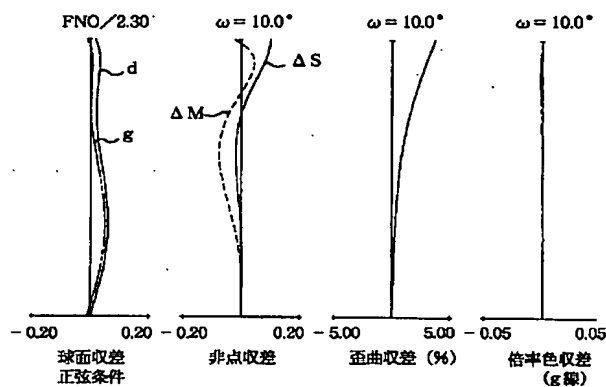
【図 2 7】



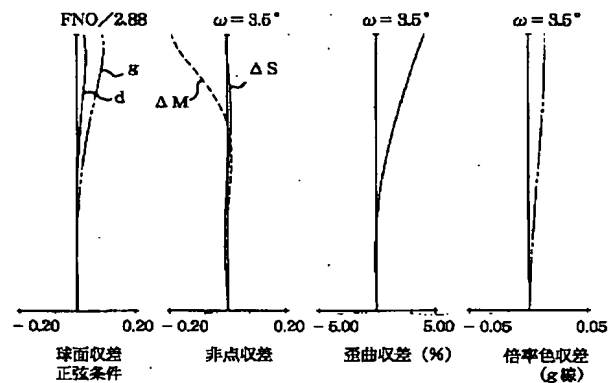
【図 12】



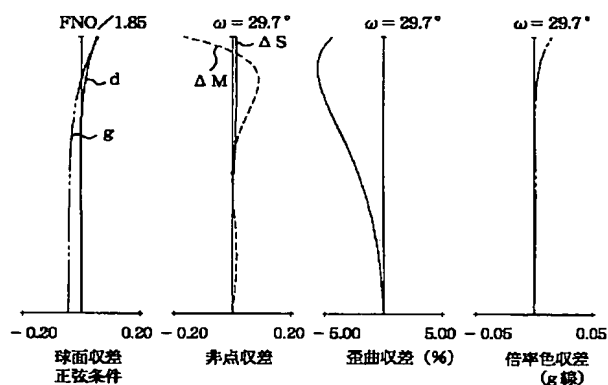
【図 13】



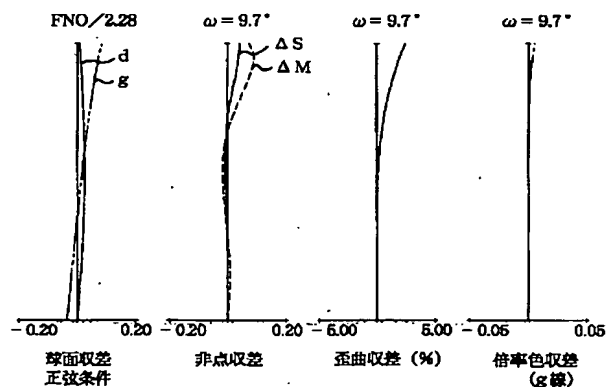
【図 14】



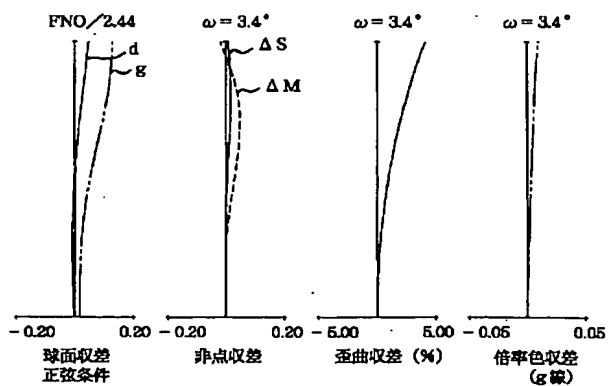
【図 15】



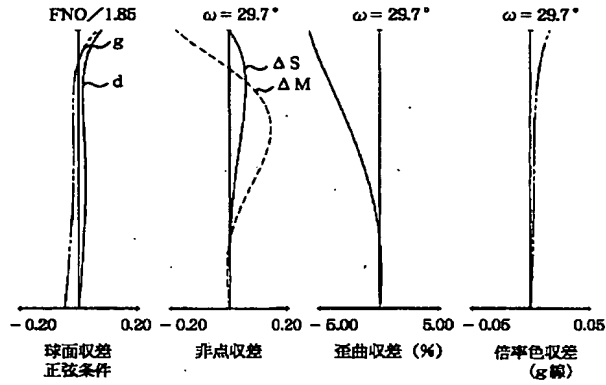
【図 16】



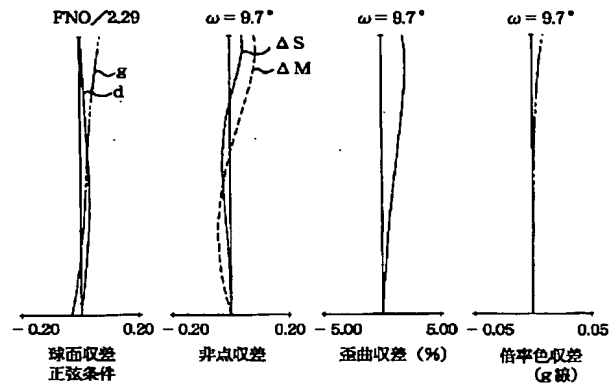
【図 17】



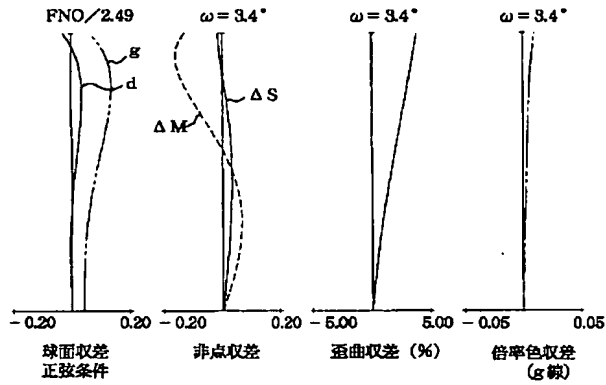
【図 18】



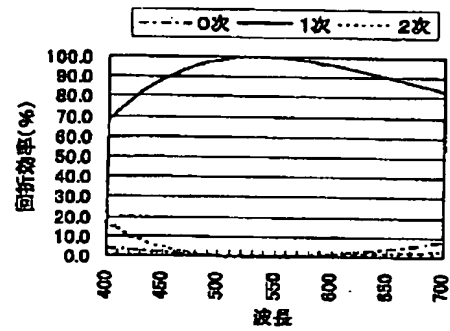
【図 19】



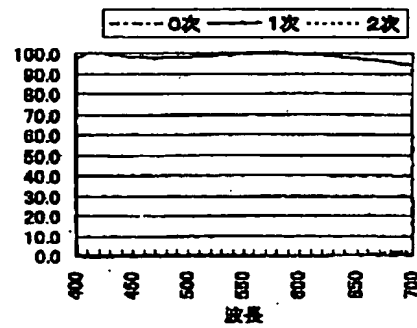
【図 20】



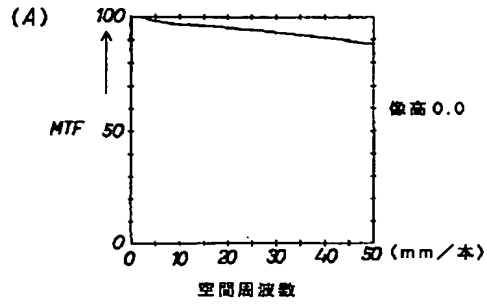
【図 22】



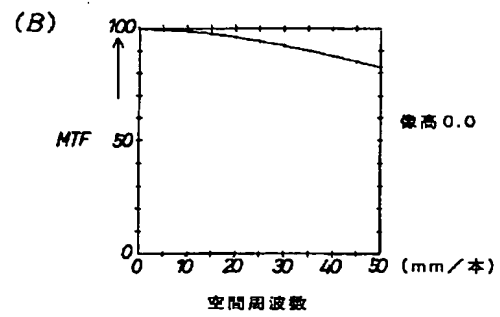
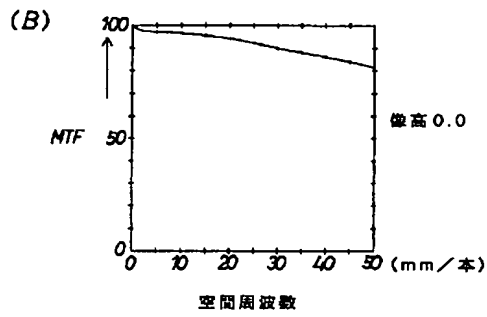
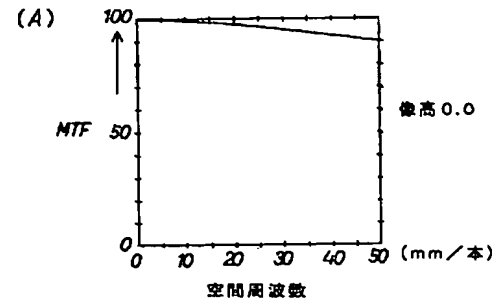
【図 25】



【図 2 3】



【図 2 6】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第6部門第2区分
 【発行日】平成14年1月23日(2002. 1. 23)

【公開番号】特開平 11-52236
 【公開日】平成11年2月26日(1999. 2. 26)
 【年通号数】公開特許公報 11-523
 【出願番号】特願平 9-221951
 【国際特許分類第7版】

G02B 15/16
 13/18

【F I】

G02B 15/16
 13/18

【手続補正書】

【提出日】平成13年6月7日(2001. 6. 7)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】発明の名称

【補正方法】変更

【補正内容】

【発明の名称】 リヤフォーカス式のズームレンズ及びそれを有するカメラ

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側より順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群を有し、変倍に際し該第2レンズ群と第4レンズ群を移動させると共に、該第4レンズ群を移動させてフォーカスを行うリヤフォーカス式のズームレンズにおいて、該第4レンズ群は光*

$$f_4 \{ (1/f_4 d) - (1/f_4 d') \} < 1.56 \times 10^4$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項2から5のいずれか1項のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項7】 物体側より順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群、負の屈折力の第5レンズ群を有し、変倍に際し該第2レンズ群と第4レンズ群を移動させると共に、該第4レンズ群を移動させてフォーカスを行うリヤフォーカス式のズームレンズにおいて、該第1レンズ群は1枚ずつの正レンズと負レンズ、そして光軸に対して回転対称な回折光学素子を有していることを特徴とするリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項8】 前記回折光学素子は正の屈折力を有して

* 軸に対して回転対称な回折光学素子を有していることを特徴とするリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項2】 前記回折光学素子は正の屈折力を有していることを特徴とする請求項1のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項3】 前記第4レンズ群は非球面を有していることを特徴とする請求項1又は2のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項4】 前記第4レンズ群は1枚の正レンズより成っていることを特徴とする請求項1、2又は3のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項5】 前記第4レンズ群は1枚の正レンズと1枚の負レンズより成っていることを特徴とする請求項1、2又は3のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項6】 前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 、前記回折光学素子は該第4レンズ群中のレンズの一面に形成されており、該レンズの焦点距離を $f_4 d$ 、該レンズから該回折光学素子を取り除いた後の該レンズの焦点距離を $f_4 d'$ とするとき、

いることを特徴とする請求項7のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項9】 前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、該第1レンズ群中の負レンズの焦点距離を f_{1n} としたとき、

$$1.9 < |f_{1n}/f_1| < 5$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項7又は8のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項10】 前記第5レンズ群の横倍率を β_5 とするとき、

$$1.2 < \beta_5 < 2$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項7、8又は9のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項 11】 前記第 1 レンズ群は非球面を有していることを特徴とする請求項 7, 8, 9 又は 10 のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項 12】 前記第 2 レンズ群は少なくとも 2 枚の負レンズと 1 枚の正レンズを有していることを特徴とする請求項 7 から 11 のいずれか 1 項のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項 13】 前記第 2 レンズ群は少なくとも 2 枚の負レンズを有していることを特徴とする請求項 7 から 11 のいずれか 1 項のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項 14】 前記第 2 レンズ群は回折光学素子を有していることを特徴とする請求項 7 から 13 のいずれか 1 項のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項 15】 前記回折光学素子は 1 層構成又は互いに分散の異なる材質より成る複数層構成より成っていることを特徴とする請求項 1 から 14 のいずれか 1 項のリヤフォーカス式のズームレンズ。

【請求項 16】 請求項 1 乃至 15 のいずれか 1 項のズームレンズを有することを特徴とするカメラ。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正内容】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はリヤフォーカス式のズームレンズ及びそれを有するカメラに関し、特にレンズ系の一部に回折光学素子を用いることによって諸収差、特に色収差を良好に補正した写真用カメラやビデオカメラ、そして放送用カメラ等に用いられる変倍比 10 以上、広角端の F ナンバー 1.6 ～ 1.8 程度の大口径比で高変倍比のレンズ系全体の小型化を図ったリヤフォーカス式のズームレンズ及びそれを有するカメラに関するものである。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】本発明は、4 群タイプ又は 5 群タイプのリヤフォーカス式のズームレンズにおいて、各レンズ群のレンズ構成を適切に設定することにより、広角端から望遠端に至る全変倍範囲にわたり、又無限遠物体から超至近物体に至る物体距離全般にわたり、良好なる光学性能を有した大口径比で高変倍比のリヤフォーカス式のズームレンズ及びそれを有するカメラの提供を目的とする。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】特に、4 群タイプのリヤフォーカス式のズームレンズでは第 4 群に回折光学素子を導入し、回折光学的な作用を利用することで第 4 群で発生する色収差を低減しつつ第 4 群のレンズ枚数を削減し、レンズ全長の小型化を達成し、かつ第 4 群を軽量化すると共に、広角端から望遠端に至る全変倍範囲にわたり良好なる光学性能を有するリヤフォーカス式のズームレンズ及びそれを有するカメラの提供を目的とする。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正内容】

【0019】又、5 群タイプのリヤフォーカス式のズームレンズでは第 1 群に回折光学素子を導入し、回折光学的な作用と屈折系の作用とを合成することにより第 1 群で発生する色収差を低減させ、レンズ枚数を少なくしてレンズ全長の短縮化を図りつつ、広角端から望遠端に至る全変倍範囲にわたり良好なる光学性能を有するリヤフォーカス式のズームレンズ及びそれを有するカメラの提供を目的とする。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正内容】

【0021】(1-2) 物体側より順に正の屈折力の第 1 群、負の屈折力の第 2 群、正の屈折力の第 3 群、正の屈折力の第 4 群、そして負の屈折力の第 5 群の 5 つのレンズ群を有し、該第 2 群と第 4 群を移動させて変倍を行い、該第 4 群を光軸上移動させてフォーカスを行うリヤフォーカス式のズームレンズにおいて、該第 1 群は 1 枚ずつの正レンズと負レンズ、そして光軸に対して回転対称な回折光学素子を有していることを特徴としている。本発明のカメラは前述したリヤフォーカス式のズームレンズのうちの 1 つを有していることを特徴としている。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0034

【補正方法】変更

【補正内容】

【0034】(i-1) 第 4 群に設ける回折光学素子が負の屈折力であると、それより発生する色収差は屈折光学系から発生する色収差と同符号となり、回折光学素子による色消し効果が得られなくなる。尚、「屈折力」とは「焦点距離の逆数」である。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 1 6

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 1 1 6】

【発明の効果】本発明によれば以上のように、4 群タイ

プ又は 5 群タイプのリヤフォーカス式のズームレンズにおいて、各レンズ群のレンズ構成を適切に設定することにより、広角端から望遠端に至る全変倍範囲にわたり、又無限遠物体から超至近物体に至る物体距離全般にわたり、良好なる光学性能を有した大口径比で高変倍比のリヤフォーカス式のズームレンズ及びそれを有するカメラを達成することができる。